



Vindkraftverks förmåga att uppfylla krav från nätägare och systemansvariga

Andreas Petersson

2007-02-08

gothia power



Krav på vindkraftverk

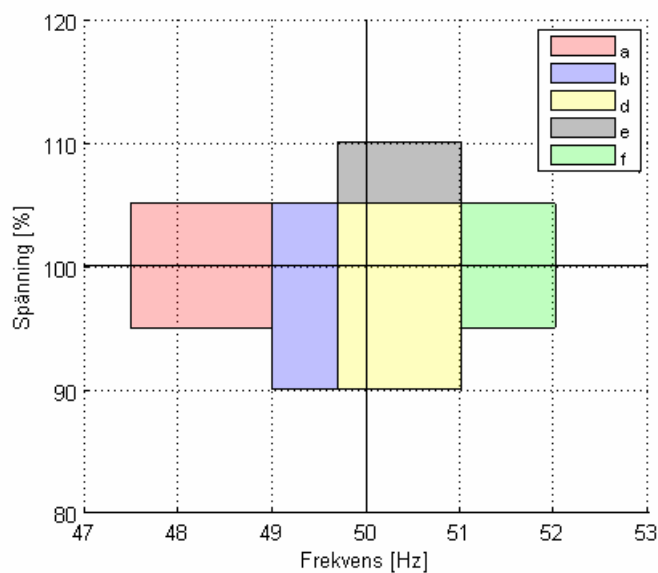
Exempel

- Avvikande spänning och frekvens
- Hantera kort- och jordslutning i yttre nät (spänningssänkningar)
- Felströmsbidrag
- Elkvalité (flicker, övertoner, etc)
- Skyddsfunktioner

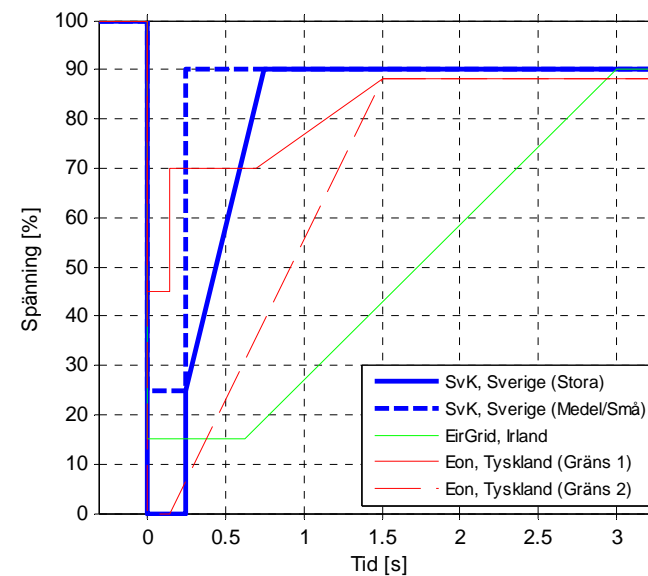
Krav på vindkraftverk

Exempel: Svenska Kraftnät

Avvikande spänning och frekvens



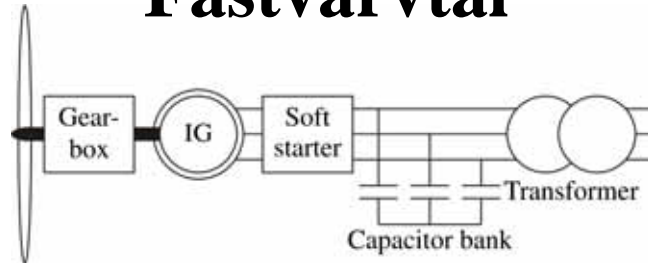
Spänningsänkningar



Vindkraftverk

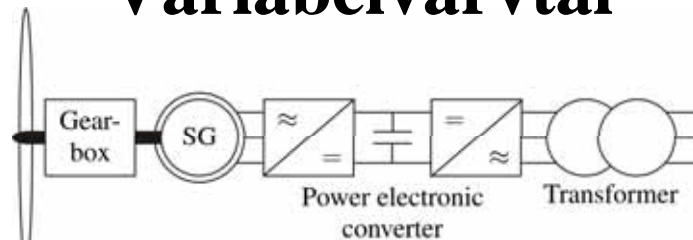
Fördelar med variabelvarvtal

Fastvarvtal

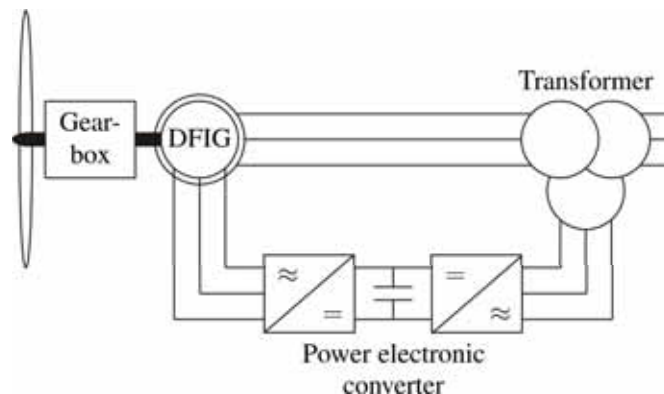


- Reducera mekaniska påkänningar på vindkraftverket

Variabelvarvtal



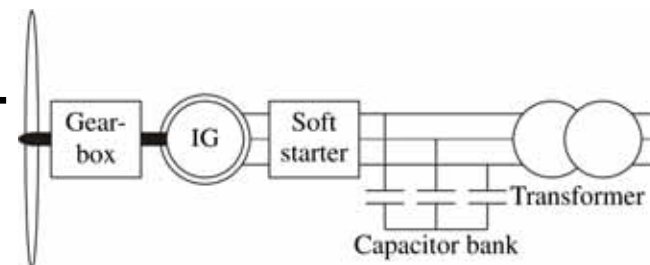
- Minimera störande ljud
- Reglera aktiv och reaktiv effekt



- Jämna ut effektvariationer i vinden med varvtalet

Fastvarvtalsvindkraftverk

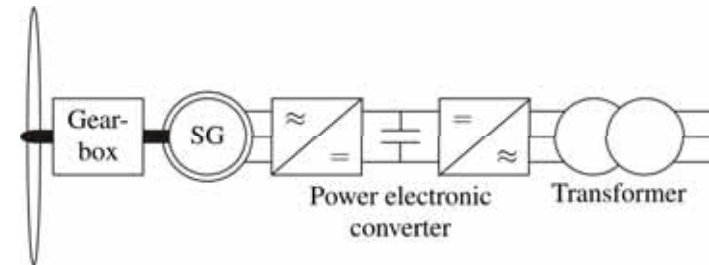
Egenskaper



- **Asynkrongenerator och drivlina påverkar dynamiken hos kraftverket i en ”större” utsträckning**
- **Beprövad teknik**
- **Skyddsinställningar enligt AMP**

Variabelvarvtalsvindkraftverk

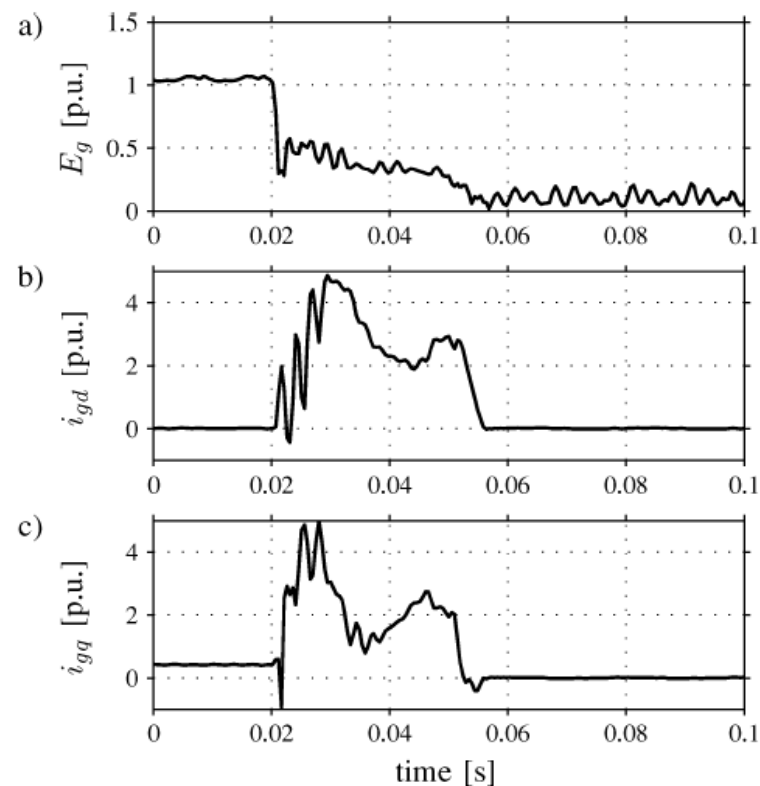
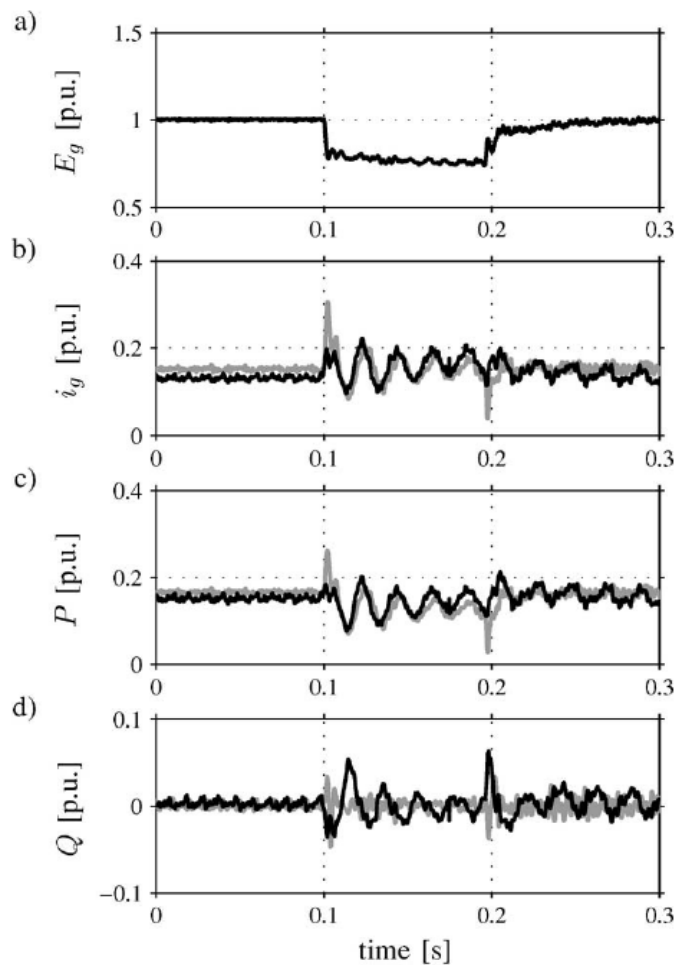
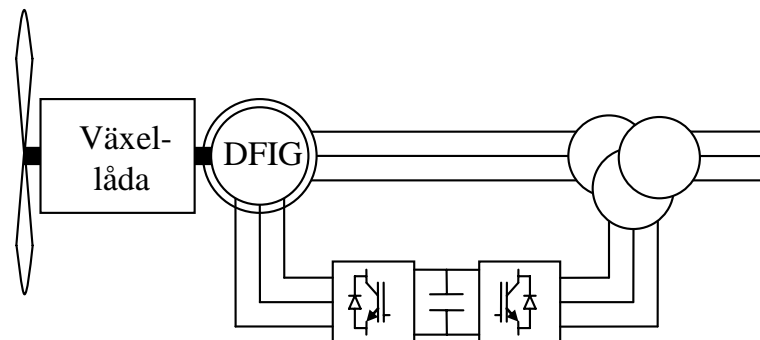
Egenskaper



- **Reglerade med kraftelektroniska omformare — snabba**
- **Beter sig inte som traditionella kraftverk (värme- och vattenkraftverk)**
- **Generator och turbin ”sär kopplad” från elnätet**
- **Begränsade av maximal spänning och ström (spänning bestäms av elnätet, strömmen av omformaren)**

DFIG vindkraftverk

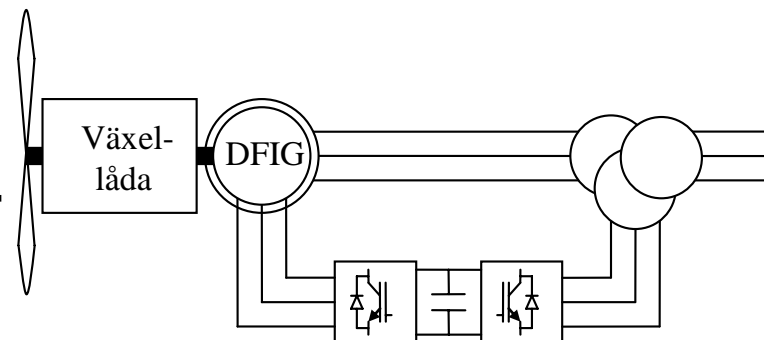
Spänningssänkningar



Ref.: A. Petersson, T. Thiringer, L. Harnfors and T. Petru, "Modeling and Experimental Verification of Grid Interaction of a DFIG Wind Turbine," *IEEE Trans. Energy Conversion*, vol. 20, no. 4, pp. 878-886, Dec. 2005.

DFIG vindkraftverk

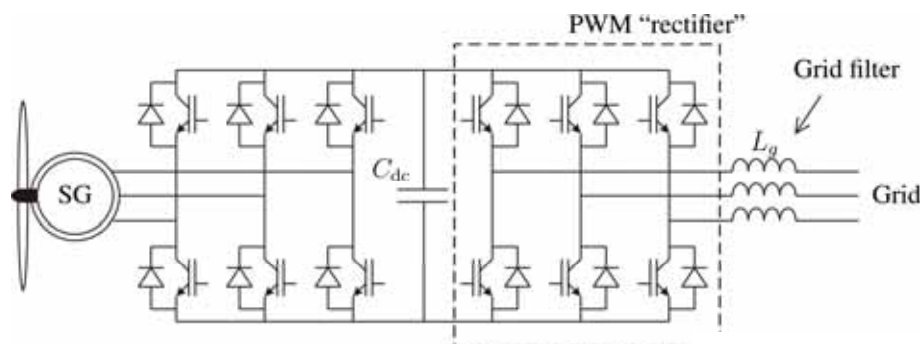
Spänningssänkningar



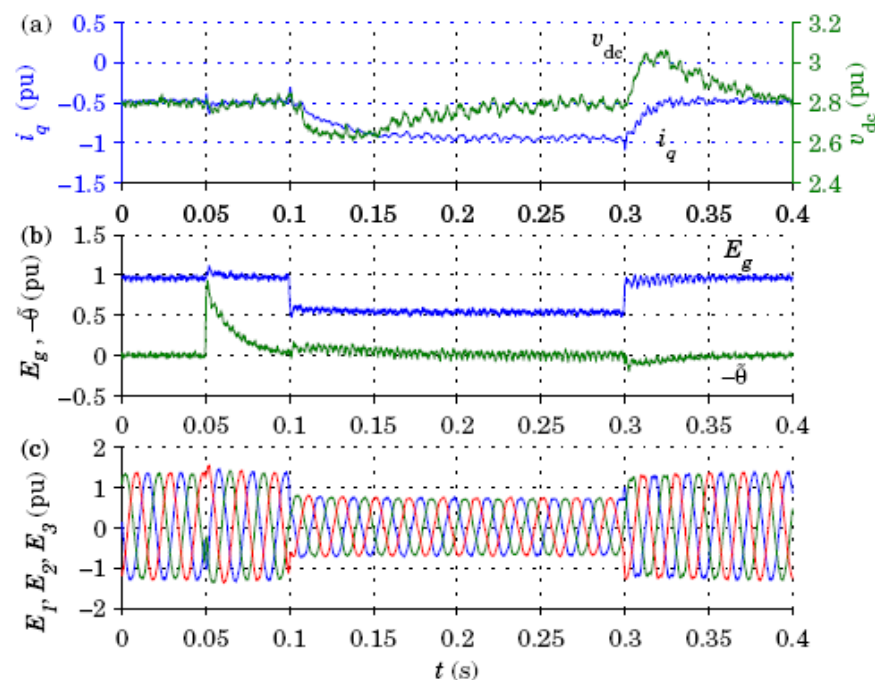
- Tillverkare har infört så kallade ”ride-through” system för att hantera spänningssänkningar
- Driftserfarenhet begränsad för ”ride-through” system

Fulleffekts omformar vindkraftverk

Spänningssänkningar



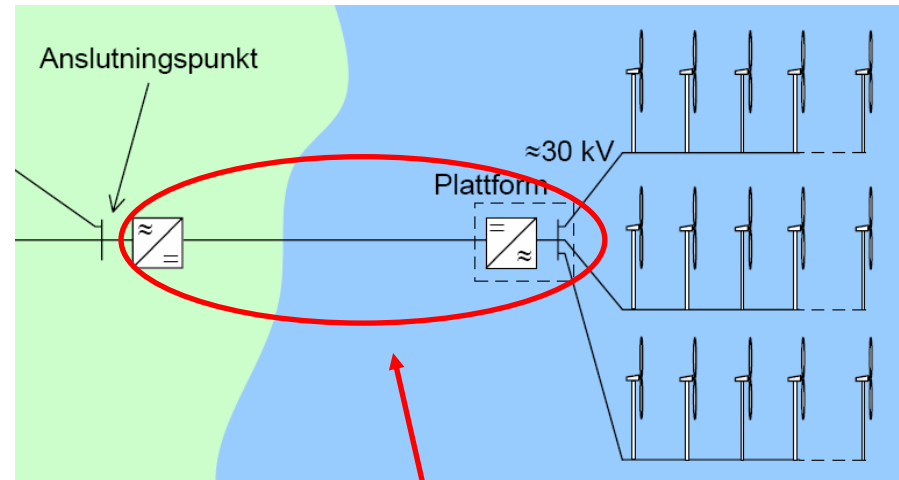
- Klarar mycket bra av spänningssänkningar
- Begränsas av den maximala strömmen som omformaren kan hantera



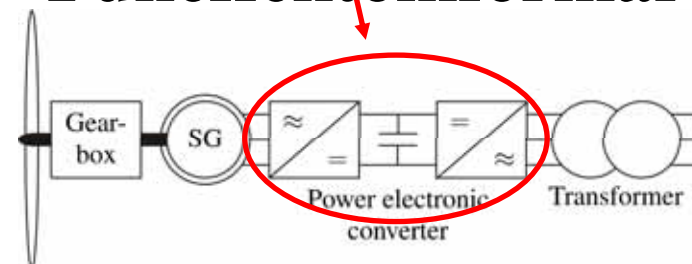
Ref.: R. Ottersten, A. Petersson, and K. Pietiläinen, "Voltage Sag Response of PWM Inverters for Variable-Speed Wind Turbines," *EPE Journal*, vol. 16, no. 1, Feb. 2006.

Anslutning med HVDC

- **Långt till anslutningspunkt**
- **Liknande teknik som i fulleffektomformar vindkraftverken**



Fulleffektomformare



Anslutning med HVDC

Fortsättning

- **Vindkraftverken ”sär kopplad” från elnätet**
- **Kraven ”flyttade” från kraftverken till HVDC anläggning**
- **Enklare turbiner (variabel frekvens via HVDC anläggning)**
- **Samverkan mellan HVDC anläggning och vindkraftverk**

Verifiering av krav

Vindforsk projekt

- **Förslag på verifieringsmetod för ”elektriska” krav**
- **Verifieringsmetoder**
(fullskaleprov, skalprov, datorsimuleringar, test under kontinuerlig drift)
- **Sammanställning av krav och kriterier**
- **Verifiering med modeller**
(skal- eller datormodeller)

Verifiering av krav

Vindforsk projekt

- Tekniska aspekter (fokus i projektet)
- Kostnad
- Tid



Verifieringsmetod

(fullskaleprov, skalprov, datorsimuleringar, test under kontinuerlig drift)

- Avvikande spänning och frekvens
- Hantera kort- och jordslutning i yttre nät (spänningssänkningar)
- Felströmsbidrag
- Elkvalité (flicker, övertoner, etc)
- Skyddsfunktioner

Sammanfattning

- Vindkraftverken beter sig inte som traditionella kraftverk
- Mycket forskning kring vindkraftverk och anslutningskrav



Sammanfattning

förmåga att uppfylla krav från nätägare och systemansvariga

- Fulleffektomformar vindkraftverk: bra förmåga att uppfylla krav från nätägare och systemansvariga
- DFIG vindkraftverk: har fortfarande lite att bevisa vid spänningssänkningar
- HVDC anslutning: hur hantera ”överskottseffekten” vid spänningssänkningar i anslutande nät